

物 化 生

試験が始まる前にこのページに書いてあることをよく読んでください。裏面以降は試験問題になっているので、指示があるまで見てはいけません。

1 試験時間：10:00～11:45（1時間45分）

2 問題数：6題（9ページ）

3 注意事項：

- ① 机の上に出してよい物は、受験票、鉛筆（HB又はB）、鉛筆削り、プラスチック消しゴム、時計に限ります。電卓機能・通信機能・辞書機能等の付いた時計を机の上に出すことはできません。
- ② 電卓（電子式卓上計算機）及び計算尺の使用はできません。
- ③ 試験中に携帯電話等の通信機器並びに通信機能のある時計等は使用できません。（電源を切ってください。）
- ④ 問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れなどに気付いた場合は、手を挙げて試験監督員に知らせてください。ただし、試験問題の内容に関する質問にはお答えできません。
- ⑤ 試験中に気分の悪くなった場合などは、手を挙げ試験監督員の指示に従ってください。
- ⑥ 試験終了の合図があったら、すぐ筆記用具を置いて、解答をやめてください。
試験監督員が解答用紙を集め終わるまでは、席を離れることはできません。
なお、問題用紙は持ち帰っていただいて結構です。
- ⑦ 不正行為をした場合は、受験資格を失います。

4 解答用紙の扱いについて

- ① 解答用紙は機械で読み取りを行いますので、解答用紙の注意事項に従い丁寧に記入してください。また折り曲げたり汚したりしないでください。
- ② 筆記用具は、HB又はBの鉛筆を使用し、記入を訂正する場合にはプラスチック消しゴムできれいに消してください。また、消しくずは残さないようにしてください。
- ③ 解答用紙の所定の欄に受験番号・氏名・試験地を必ず記入してください。特に受験番号は受験票と照合して正しくマークしてください。
- ④ 試験は択一方式で、解答は1つの問につき1つだけ選択してください。2つ以上選択（マーク）した場合は、零点になります。
- ⑤ 記入欄以外の余白には、何も記入しないでください。
- ⑥ 以上の記入方法の指示に従わない場合、必要とされる記入事項が正しく記入されていない場合には採点されません。

問1 次のI～IIの文章の()の部分に入る最も適切な語句、記号又は数値を、それぞれの解答群から1つだけ選べ。

I 1934年、SzilardとChalmersはヨウ化エチル(液体)試料を中性子照射してヨウ素を放射化した後、試料を還元剤を含む水と振とうすると、生成した ^{128}I の大部分が水相に抽出されることを見だし、高比放射能の放射性試料の製造法として発表した。

熱中性子を吸収した原子核が(A)の反跳によって親分子から解離するためには、その(B)が分子中の原子の(C)以上でなければならない。単結合の場合、(C)は数eV程度である。いま、中性子捕獲に伴って単一の(A)が放出された場合、そのエネルギーを $E[\text{MeV}]$ で表し、原子の質量を M (原子質量単位)、(B)を $E_M[\text{eV}]$ で表すと、 $E_M=537E^2/M$ で示される。仮に E が中性子の原子核への(C)である7MeV程度とすると、 ^{128}I の受ける(B)は(D)eV程度となり、これは(E)結合を切るのに十分である。遊離した ^{128}I はヨウ化エチルとの間に(F)反応を起こしにくく、この濃縮が可能である。 ^{128}I は水中では(G)の化学形で存在する。 ^{128}I の一部は減速の過程で再結合によってヨウ化エチルの化学形で見いだされる。

< IのA～Dの解答群 >

- 1 中性子 2 β 線 3 γ 線 4 結合エネルギー 5 反跳エネルギー
6 活性化エネルギー 7 50 8 100 9 200 10 300

< IのE～Gの解答群 >

- 1 同位体交換 2 イオン交換 3 ホットアトム 4 C—H 5 C—I
6 ヨウ化物イオン 7 ヨウ素単体 8 ヨウ素酸イオン

II ^{127}I (天然存在度100%)が熱中性子を捕獲すると、半減期25分の ^{128}I が生じる。この反応断面積は6.2bである。ヨウ化エチル $\text{C}_2\text{H}_5\text{I}$ (分子量156)15.6gを中性子フルエンス率 $1 \times 10^6 \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ の熱中性子で150分照射した。照射後25分に水と振とうして分離したところ、 ^{128}I の10%が元の化学形であった。

- (1) ターゲット中に含まれるヨウ素の原子数は(A)個である。
(2) 照射終了時の ^{128}I の放射能は(B)Bqである。
(3) 分離後25分経過したときの水相に含まれる ^{128}I の放射能は(C)Bqである。
ただし、アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23} \text{mol}^{-1}$ とする。

< IIの解答群 >

- 1 8.2×10^4 2 1.8×10^5 3 3.7×10^5 4 9.2×10^5 5 3.0×10^{22}
6 6.0×10^{22} 7 3.0×10^{23} 8 6.0×10^{23}

問2 次のI～IIIの文章の()の部分に入る最も適切な語句、数式又は数値を、それぞれの解答群から1つだけ選べ。

同位体希釈分析法は多数の化合物を含む試料中のある特定の成分を定量するのに適した方法で、その成分を完全に分離する必要はなく、一部を純粋にとり出せばよいのが特長である。

I 定量しようとする成分を化合物A、求めるその質量を W とする。直接希釈法では、化合物Aと同じ化学形の標識化合物 A^* を用意する。この A^* の比放射能を S_0 とし、 A^* の一定量(質量 W_0)を試料に混合して均一にする。その結果、試料中の $A+A^*$ の比放射能が S になったとすると、混合前の A^* の放射能と混合後の $A+A^*$ の放射能は等しいので

$$S_0W_0 = (A)$$

したがって

$$W = (B) \times W_0 \quad (1)$$

試料中の $A+A^*$ の一部を純粋にとり出し、その放射能と質量を測定して比放射能を求めると、この値は S に等しく、(1)式から W を求めることができる。

一例として、 Mn^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Co^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Cu^{2+} 、及び Zn^{2+} を含む $6\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ 塩酸溶液中の Co^{2+} を直接希釈法で定量したとする。この試料溶液に、 $63\text{kBq}\cdot\text{g}^{-1}$ の $^{60}\text{Co}^{2+}$ で標識された 15mg の Co^{2+} の $6\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ 塩酸溶液を混合して均一にした。この溶液の一部を、 $6\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ 塩酸で前処理した(C)のカラムに通し、 $6\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ 塩酸を通して(D)を溶出させた。ついで(E) $\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ 塩酸を通して、 $Co^{2+}+^{60}\text{Co}^{2+}$ を溶出させた。溶出した $Co^{2+}+^{60}\text{Co}^{2+}$ の一部を採り、質量と放射能を測定して比放射能を求めたところ $3.0\text{kBq}\cdot\text{g}^{-1}$ であった。求める試料溶液中の Co^{2+} の質量は(F) mg である。

< I の A～B の解答群 >

- 1 $S(W+W_0)$ 2 SW_0+S_0W 3 SW_0-S_0W 4 $S(W-W_0)$
 5 $\frac{S}{S_0-S}$ 6 $\frac{S_0}{S_0-S}$ 7 $\left(\frac{S_0}{S}-1\right)$ 8 $\left(\frac{S}{S_0}-1\right)$

< I の C～F の解答群 >

- 1 シリカゲル 2 セファデックス 3 陽イオン交換樹脂 4 陰イオン交換樹脂
 5 Mn^{2+} と Ni^{2+} 6 Fe^{3+} と Cu^{2+} 7 Cu^{2+} と Zn^{2+} 8 2.5 9 4 10 10
 11 30 12 100 13 300

II 定量しようとする化合物A(質量 W)と同じ化学形の標識化合物を用意できない場合、アイソトープ誘導体法を適用できることがある。試料に比放射能が S_R の放射性試薬 R^* を加えて、化合物Aをすべて標識化合物 AR^* に変える。この AR^* の質量を W^* 、比放射能を S^* とする。これに AR^* と同じ化学形の非放射性化合物ARを一定量(質量 W_0)混合して均一にする。その結果、試料中の $AR+AR^*$ の比放射能が S になったとすると、混合前の AR^* の放射能と混合後の $AR+AR^*$ の放射

能は等しいので、

$$S^*W^* = (A)$$

したがって

$$W^* = (B) \times W_0 \quad (2)$$

となる。 $AR+AR^*$ の一部を純粋にとり出し、放射能と質量を測定して比放射能を求めると、この値は S に等しい。 A 、 R 及び AR の分子量をそれぞれ M_A 、 M_R 及び M_{AR} とすると、 R^* 及び AR^* の分子量もそれぞれ M_R 及び M_{AR} と見なしてよいので

$$S^* = (C) \times S_R \quad (3)$$

であり、また

$$W = (D) \times W^* \quad (4)$$

であるから、 S_R 、 S 、 W_0 、 M_A 、 M_R 及び M_{AR} と(2)~(4)式から W を求めることができる。

例えば、種々のアミノ酸の混合溶液中のあるアミノ酸を定量する場合、溶液に硫黄またはヨウ素の放射性同位体で標識した(E)を加えて反応させ、アミノ酸をすべて標識された誘導体に変える。これに、目的とするアミノ酸の同じ誘導体で非放射性のものを一定量加えて均一にしたのち、この誘導体を(F)で純粋に分離し、放射能と質量を測定して比放射能を求める。

< IIのA~Dの解答群 >

1	$S(W^*+W)$	2	$S(W^*+W_0)$	3	$S_RW^*+SW_0$				
4	$\left(\frac{S^*}{S}-1\right)$	5	$\left(\frac{S}{S^*}-1\right)$	6	$\frac{S^*}{S^*-S}$	7	$\frac{S}{S^*-S}$	8	$\frac{M_R}{M_{AR}}$
								9	$\frac{M_{AR}}{M_R}$
10	$\frac{M_A}{M_{AR}}$	11	$\frac{M_{AR}}{M_A}$	12	$\frac{M_R}{M_A}$	13	$\frac{M_A}{M_R}$		

< IIのE~Fの解答群 >

- | | | | | | |
|---|----------|---|----------|---|------------------|
| 1 | グリニャール試薬 | 2 | クロラミンT | 3 | 塩化p-ヨードフェニルスルホニル |
| 4 | 沈殿法 | 5 | クロマトグラフ法 | 6 | 溶媒抽出法 |

III ラジオイムノアッセイは同位体希釈法と免疫反応とを組合せたものである。試料に、定量しようとする化合物Aと同じ化学形の標識化合物 A^* の一定量を混合して均一にする。さらに、化合物Aに対する(A) Rの一定量($A+A^*$ に対する当量より少ない量とする)を混合し、 $A+A^*$ の一部をRと結合させる。遊離の $A+A^*$ とRに結合した $AR+AR^*$ とを分離し、両者の放射能を測定する。それぞれの放射能をFとBとすると、 B/F は混合前のAの量が多いほど(B)なる。化合物Aの量が分かっている標準試料について同じ条件で測定を行い、Aの量と B/F の関係を示す標準曲線を作成しておけば、 B/F からAの量が求められる。この方法で、血液中のホルモンなどを(C)gの程度まで定量することができる。化合物Aの標識には(D)が多用されている。

<Ⅲの解答群>

- 1 免疫抑制剤 2 免疫賦活剤 3 抗原 4 抗体 5 小さく 6 大きく
 7 10^{-6} 8 10^{-8} 9 10^{-10} 10 10^{-12} 11 ^{123}I 12 ^{125}I
 13 ^{127}I 14 ^{129}I

問3 次のⅠ～Ⅱの文章の()の部分に入る最も適切な語句、数値又は数式を、それぞれの解答群から1つだけ選べ。ただし、各選択肢は必要に応じて2回以上使ってもよい。

Ⅰ 重荷電粒子が物質を通過する時、粒子自身と物質を構成する原子のもつ電子の電磁場が相互作用を行って、原子を(A)したり、(B)しながら粒子自身はエネルギーを失っていく。物質を構成する原子の軌道電子を原子外へ飛び出させる場合を(A)とよび、より外側の軌道へ電子を移行させる場合を(B)とよぶ。この他に、粒子が低速になると原子核と(C)を起こし、逆に高速になると(D)や(E)によってエネルギーを失う。ただし、重荷電粒子による(D)は、電子に比べて、そのエネルギーが高い場合でなければ問題とならない。この過程において、粒子の飛跡の単位長さ当たりに失うエネルギーを(F)という。特に、(A)や(B)作用により単位長さ当たりに失うエネルギーを(G)とよび、(D)によるものを(H)という。(G)は、速度 v で入射する荷電粒子に対して、次に示す(I)の理論式によって表される。

$$S = -\frac{4\pi e^4 z^2 N}{mv^2} Z \left[\ln \frac{2mv^2}{I} - \ln(1-\beta^2) - \beta^2 \right]$$

ここで、 e は電子の素電荷、 m は(J)の質量、 z は入射粒子の電荷数(原子番号に等しい)、 Z は標的物質の原子番号、 N は標的物質の単位体積中の原子数、 I は物質の(K)、 β は c を光速度として(L)を表す。

<ⅠのA～Fの解答群>

- 1 散乱 2 電離 3 吸収 4 励起 5 転移
 6 核分裂 7 核反応 8 コンプトン散乱 9 制動放射
 10 弾性散乱 11 光電効果 12 阻止能 13 比電離
 14 線エネルギー付与(LET)

<ⅠのG～Lの解答群>

- 1 電離損失 2 衝突阻止能 3 放射阻止能 4 輻射損失
 5 ベーテ 6 ファノ 7 ボルン 8 標的原子 9 電子
 10 入射粒子 11 イオン化ポテンシャル 12 平均励起ポテンシャル
 13 mc^2 14 v/c 15 $(v/c)^2$

II 上の理論式において[]内は入射粒子の種類にほとんどよらないので、電荷数 z 、エネルギー E 、質量 M の等速な粒子に対して、 S は (イ) に比例し、飛程は (ロ) に比例する。等速な粒子 1(電荷数 z_1 、エネルギー E_1 、質量 M_1)及び粒子 2(電荷数 z_2 、エネルギー E_2 、質量 M_2)が、標的物質に入射し同じ S を与える場合には、2つの粒子のエネルギーの比 E_1/E_2 は (ハ) に等しくなる。この比は、粒子 2 を陽子とすると、粒子 1 が三重陽子の場合には (A)、 α 粒子の場合は (B) となる。また、粒子 1 及び粒子 2 の飛程を R_1 及び R_2 とすると、粒子の飛程の比 R_1/R_2 は (ニ) で与えられる。これを用いると、4MeV の α 粒子の飛程 R_α とそれと等速の (C) MeV の陽子の飛程 R_p の比 R_α/R_p は (D) となる。

< II のイ～ニの解答群 >

- | | | | |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 1 Mz^2/E | 2 Mz/E^2 | 3 $M(z/E)^2$ | 4 $M(E/z)^2$ |
| 5 $(1/M)(z^2/E)$ | 6 $(1/M)(z/E^2)$ | 7 $(1/M)(E/z)^2$ | 8 $(M_1/M_2)(z_1/z_2)^2$ |
| 9 $(M_1/M_2)(z_1/z_2)$ | 10 $(M_1/M_2)(z_2/z_1)^2$ | 11 $(M_1/M_2)(z_2/z_1)$ | |
| 12 $(M_2/M_1)(z_1/z_2)^2$ | 13 $(M_2/M_1)(z_1/z_2)$ | 14 $(M_2/M_1)(z_2/z_1)^2$ | |
| 15 $(M_2/M_1)(z_2/z_1)$ | | | |

< II の A～D の解答群 >

- | | | | | | |
|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 1 1/32 | 2 1/24 | 3 1/16 | 4 1/8 | 5 1/4 | 6 1/3 |
| 7 1/2 | 8 1 | 9 2 | 10 3 | 11 4 | 12 8 |
| 13 16 | 14 24 | 15 32 | | | |

問4 光子と物質との相互作用に関する次の文章の ()、[]、{ } の部分に入る最も適切な語句、記号、数式又は最も近い数値を、それぞれの解答群から1つだけ選べ。

プランク定数を h 、真空中の光速を c とすると、光子の波長 λ_0 は、振動数 ν_0 と [a] の関係があり、エネルギー E_0 とは [b] の関係がある。たとえば、波長 1 μ m の光子のエネルギーは、{ イ } MeV である。光電効果においては、入射光子の (A) エネルギーが原子に吸収され、(B) 電子を放出する。放出電子の運動エネルギー T と入射光子のエネルギー E_0 を比べると、[c] である。

最内殻の (B) 電子を放出する光電効果の断面積は、物質の原子番号の { ロ } 乗に比例し、光子のエネルギーの { ハ } 乗に比例する。このとき (C) を同時に放出するが、その競合過程で電子が放出される現象を (D) という。

電子の静止質量を m_0 とすると、電子のコンプトン波長 λ_c は [d] であり、その値は 2.4 μ m である。また、波長が λ_c の光子のエネルギーは [e] となる。コンプトン散乱においては、入射光子が電子との衝突において (E) として振る舞う。入射光子の波長 λ_0 と散乱角 θ の散乱光子の波長 λ_s との差 $\Delta\lambda = (\lambda_s - \lambda_0)$ は、[f] である。たとえば、入射光子のエネルギー E_0 が 1 MeV の場合、散乱角 60 度のコンプトン電子のエネルギーは { ニ } MeV である。また、散乱光子は連続スペクトルを示し、その最小エネルギーは [g]、最大エネルギーは [h]

である。

コンプトン散乱の原子当たりの断面積は、物質の原子番号の { ホ } 乗に比例し、光子のエネルギー E_0 が数 100 keV 以上ならば、 E_0 の { ヘ } 乗に比例する。光子エネルギー E_0 が [i] を越えると電子対生成も起こすようになる。

< A ~ E の解答群 >

- | | | | |
|---------|---------------|----------|----------|
| 1 全 | 2 部分 | 3 静止 | 4 熱 |
| 5 自由 | 6 軌道 | 7 波 | 8 粒子 |
| 9 特性X線 | 10 δ 線 | 11 制動放射線 | 12 消滅放射線 |
| 13 内部転換 | 14 オージェ効果 | 15 放射損失 | |

< a ~ c の解答群 >

- | | | | |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 $\nu_0 = c/\lambda_0$ | 2 $\nu_0 = hc/\lambda_0$ | 3 $\nu_0 = 1/\lambda_0$ | 4 $\nu_0 = h/\lambda_0$ |
| 5 $E_0 = c/\lambda_0$ | 6 $E_0 = hc/\lambda_0$ | 7 $E_0 = 1/\lambda_0$ | 8 $E_0 = h/\lambda_0$ |
| 9 $T < E_0$ | 10 $T = E_0$ | 11 $T > E_0$ | |

< d ~ i の解答群 >

- | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| 1 hm_0c | 2 $(m_0c)/h$ | 3 $h/(m_0c)$ | 4 $(m_0c^2)/2$ |
| 5 m_0c^2 | 6 $2m_0c^2$ | 7 $\lambda_c \cdot (1 - \cos \theta)$ | 8 $\lambda_c \cdot \cos \theta$ |
| 9 $\lambda_c \cdot (1 + \cos \theta)$ | 10 $E_0/4$ | 11 $E_0/2$ | 12 E_0 |
| 13 $E_0 + 2(m_0c^2)$ | 14 $1/\{1/E_0 + 2/(m_0c^2)\}$ | 15 $E_0 \cdot \{1 + 2E_0/(m_0c^2)\}$ | |

< イ ~ への解答群 >

- | | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 -3.5 | 2 -1.5 | 3 -1.2 | 4 -1.0 | 5 -0.7 | 6 -0.5 |
| 7 0 | 8 0.5 | 9 0.7 | 10 1.0 | 11 1.2 | 12 1.5 |
| 13 3.5 | 14 5.0 | 15 10 | | | |

問5 次の I ~ IV の文章の () の部分に入る最も適切な語句又は記号を、それぞれの解答群から 1 つだけ選べ。

I 放射線の DNA 分子への作用の中で、(A) は、DNA 分子を構成する原子と光子の相互作用によって飛び出した (B) によって DNA に損傷を生じることである。(C) では、(B) が (D) と反応し、主に (E) ラジカルと (F) ラジカルが発生する。特に (E) ラジカルが DNA 損傷形成に重要である。

< I の解答群 >

- | | | | |
|--------------|---------|--------|--------|
| (A) 1 メチル化作用 | 2 間接作用 | 3 直接作用 | 4 複合作用 |
| (B) 1 中性子 | 2 特性X線 | 3 陽子 | 4 二次電子 |
| (C) 1 メチル化作用 | 2 間接作用 | 3 直接作用 | 4 複合作用 |
| (D) 1 遊離脂肪 | 2 タンパク質 | 3 水分子 | 4 窒素 |
| (E ~ F) 1 OH | 2 H | 3 NO | 4 RO |

II 低 LET 放射線による DNA 損傷のうち、塩基損傷はチミンやシトシンなどの (A)、アデニンやグアニンなどの (B) の 5 位の炭素と 6 位の炭素の間の二重結合に (C) ラジカルが作用して生じる付加体が主である。損傷を受けた塩基が鎖から遊離すると塩基の欠失した場所が生じる。ここを (D) といい、そのまま残ると DNA 複製が阻害され、突然変異の原因ともなる。

<II の解答群>

- (A~B) 1 ヌクレオシド 2 プリン 3 アミン 4 ピリミジン
 (C) 1 OH 2 H 3 NO 4 RO
 (D) 1 ギャップ 2 AP 部位(脱プリン・脱ピリミジン部位) 3 ニック
 4 脆弱部位

III 紫外線による DNA 損傷とその修復機構についてはよく調べられてきた。紫外線は (A) ではないが (B) で、ピリミジン同士が隣接している部位に作用し、シクロブタン型のピリミジン 2 量体と (C) 等を作る。

<III の解答群>

- (A~B) 1 電磁波 2 電離放射線
 (C) 1 チミングリコール 2 鎖内架橋 3 6-4 光産物 4 鎖間架橋

IV DNA にできた傷は様々な機構で修復される。紫外線によるピリミジン 2 量体は (A) により認識され、320~410nm の光の存在下でシクロブタン環が直接開裂されて元のピリミジンに戻る。ラジカルなどによりできた塩基損傷は、その損傷部位の前後で DNA の一部が切り出され、向かい側の DNA 鎖を鋳型として埋め戻される。損傷のある部位だけが切り出される場合を (B)、損傷部位を含めて広い範囲が切り出される場合を (C) という。この修復過程に関与する遺伝子に異常がある遺伝性疾患が色素性乾皮症である。

放射線による致死的で重要な傷は DNA の (D) で、(E) 又は (F) で修復される。

(E) は、修復の際に鋳型として相同な染色体を用いて本来の遺伝情報に基づいて修復するため、突然変異がおこりにくい。この機構は精子や卵子などの (G) の過程で両親のゲノム DNA の再編成を行う機構と関連がある。

他方、(F) は損傷により生じた 2 つの切断端同士を直接つなぐ機構であるが、この過程では DNA 配列がしばしば失われ、突然変異の原因となることがある。

<IV の解答群>

- (A) 1 エンドヌクレアーゼ 2 DNA リガーゼ 3 光回復酵素
 4 DNA 依存性プロテインキナーゼ
 (B~C) 1 ヌクレオチド除去修復 2 塩基除去修復 3 非相同末端結合
 4 相同組換え修復
 (D) 1 1本鎖切断 2 2本鎖切断 3 鎖間架橋 4 塩基遊離

- (E~F) 1 ヌクレオチド除去修復 2 塩基除去修復 3 非相同末端結合
 4 相同組換え修復
- (G) 1 減数分裂 2 有糸分裂 3 無糸分裂 4 直接分裂

問6 次のI~IIIの文章の()の部分に入る最も適切な文節、語句、記号又は数値を、それぞれの解答群から1つだけ選べ。ただし、各選択肢は必要に応じて2回以上使ってもよい。

I 放射線による被ばくは、線源が体外にあるか体内にあるかによって外部被ばくと内部被ばくに分類することができる。

外部被ばくの場合にはγ線や中性子線のような透過力の大きな放射線が問題になるのに対して、内部被ばくの場合にはα線や、(A)からの低エネルギーβ線のように飛程の短い放射線も重要になる。

ヒトは特に放射性物質を取り扱わない状況でも、自然界に存在する(B)などを食物の形で経口摂取する結果、ラドンによる被ばくを除いて年間に約(C)mSvの内部被ばくをしている。

放射性物質が体内に取り込まれる過程には経口摂取のほか、吸入摂取及び経皮摂取がある。放射性物質はその物理的・化学的特性により、特定の組織・臓器に集積することがある。例えば¹³¹Iは(D)に、不溶性で粒子状の²³⁹Puは(E)に沈着する。また、(F)に沈着する傾向のある放射性同位元素としては、⁴⁵Caや(G)が知られている。これに対して特定の臓器に沈着することなく、全身に分布する傾向を示す元素もある。(A)、(B)、(H)などがその例である。

< Iの解答群 >

- | | | | | | | | | | | | | |
|-------|---|----------------|---|-----------------|---|------------------|---|------------------|---|------------------|---|-------------------|
| (A~B) | 1 | ³ H | 2 | ⁴⁰ K | 3 | ⁵⁵ Fe | 4 | ⁶⁰ Co | 5 | ⁹⁰ Sr | 6 | ¹³⁷ Cs |
| (C) | 1 | 0.06 | 2 | 0.2 | 3 | 0.6 | 4 | 2 | 5 | 6 | | |
| (D~F) | 1 | 脳 | 2 | 甲状腺 | 3 | 骨髄 | 4 | 骨 | 5 | 肺 | 6 | 肝臓 |
| (G~H) | 1 | ³ H | 2 | ⁴⁰ K | 3 | ⁵⁵ Fe | 4 | ⁶⁰ Co | 5 | ⁹⁰ Sr | 6 | ¹³⁷ Cs |

II 体内に取り込まれた放射性物質は、代謝され体外に排出される。このような排出に起因する半減期を生物学的半減期(T_b)とよぶ。放射性物質の放射能はその核種に固有の物理的半減期(T_p)にしたがって減衰するので、体内の放射能は T_b と T_p の双方を反映した実効半減期(T_e)にしたがって減少することになる。 T_e 、 T_b 、 T_p の間には (A) という関係がある。

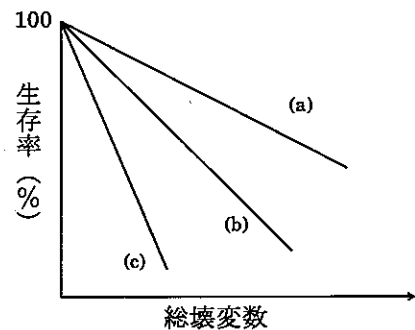
例えば物理的半減期 14 日の放射性物質の実効半減期が 6 日だったとすると、生物学的半減期は約 (B) 日ということになる。

生物学的半減期は化学形によっても異なる。例えば、トリチウム水の生物学的半減期は約 10 日であるのに対し、トリチウムガスの生物学的半減期はこれよりも (C)。また、有機物に結合した ^3H の生物学的半減期は一般にこれよりも (D) ことが知られている。

<IIの解答群>

- (A) 1 T_e は T_b と T_p の和に等しい
 2 T_e の逆数は T_b の逆数と T_p の逆数の和に等しい
 3 T_e の逆数は T_b の逆数と T_p の逆数の積に等しい
 4 T_e は T_b と T_p の大きい方に一致する
 5 T_e は T_b と T_p の小さい方に一致する
- (B) 1 0.4 2 6 3 8 4 11 5 14
- (C~D) 1 短い 2 長い

III 放射性同位元素の化学形は、その分布や生物作用の程度にも大きな影響を与えることがある。右図は、 ^3H で標識したチミジン、ウリジンあるいはヒスチジンを細胞に取り込ませた後で、時間をおって細胞の生存率を調べた結果を模式的に図示したものである。縦軸には細胞の生存率が対数目盛で、横軸には総壊変数(単位時間当たりの壊変数に時間を乗じたもの)が線形目盛で表されている。



総壊変数は細胞に与えられる線量に対応する。図中 (b)はウリジンを取り込ませた場合を示している。(a)は、(b)に比べて致死効果が (A) ことを、(c)は(b)に比べて致死効果が (B) ことを示しており、(a)は (C) を取り込ませた場合、(c)は (D) を取り込ませた場合である。

チミジンは (E) に、ウリジンは (F) に、ヒスチジンは (G) に取り込まれるので、図の結果は、細胞死に関する細胞内の「標的」が (H) であることを示す結果である。

<IIIの解答群>

- (A~B) 1 大きい 2 小さい
- (C~D) 1 ヒスチジン 2 チミジン
- (E~H) 1 脂質 2 糖質 3 DNA 4 RNA 5 タンパク質